

工業用ゴム廃材の再利用化に関する研究

A Study on the Recycling of Industrial Waste Rubber

境真太郎 S. SAKAI 大林新一 S. OBAYASHI

Nitrile butadiene rubber (NBR) is a widely used vulcanized rubber with three-dimensional chemical network structure, which causes difficulties in recycling use. In order to examine the reusability of waste NBR produced from molding process, waste NBR was finely crushed with dryice (solid CO₂), and physical properties of the mixed material of waste and original NBR were investigated. Hardness of the mixed NBR tended to become higher with increasing waste NBR ratio, while its tensile strength and elongation were found to decrease with increasing waste NBR ratio. The finer the waste NBR particle mixed was, the better the physical properties were retained.

Key Words: NBR, recycle, dryice, cracking

1. はじめに

加硫ゴム材料は、独特な物理的、化学的特性、入手のしやすさなどから広い分野で使われているが、加硫ゴムの廃材は再生が困難であり、多くが産業廃棄物として投棄処理されている。しかし、近年の世界的な環境問題への配慮の高まりの中、加硫ゴム材料のリサイクル技術の開発が急務となっている。

加硫ゴム材料のリサイクル技術としては、ゴム廃材を機械的に粉砕し、充填材として利用する技術や、化学的に分解する技術などがある。

本研究では、リサイクル技術として加硫ゴムを機械的に粉砕する方法を取り上げ、粉砕時にドライアイスを用いることで、より細かくゴム廃材を粉砕する方法を開発した。機械的粉砕法は設備が入手しやすく、粉砕粉は再利用しやすいメリットがある。また、粉砕したゴム廃材をゴム材料に添加して再加硫を行い試験片を作成した。この試験片で諸物性を測定し、実用化についての検討を行ったのでここに報告する。

2. 加硫ゴム材料

対象とする加硫ゴム材料として、当社での使用量が最も多いニトリル - ブタジエンゴム(NBR)を選択した。NBRは、アクリロニトリルとブタジエンからなる非晶性の共重合体であり、図1のような分子構造をもつ。NBRは分子中に二重結合を有しており、この二重結合部分が架橋反応を起こし、ネットワーク構造が形成されると考えられている。

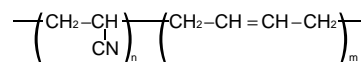


図1 アクリロニトリルブタジエンゴム(NBR)の化学構造

Chemical structure of NBR

NBRの特徴は、優れた耐油性をもつ点にある¹⁾。また、イオウ加硫が可能であり、そのため各種加硫促進剤を使用できること、目的に応じた特性を引き出しうること、安価なことなど数多くのメリットがある。一方、欠点としては耐オゾン性、電気絶縁性、耐熱老化性が劣ることなどである。

NBRの耐油性は、ポリマー中のアクリロニトリルのニトリル基の極性によるものである。したがって、NBRの結合アクリロニトリル量は耐油性以外の物性にも大きな影響を与える¹⁾²⁾。

以上の特性を利用して、オイルシール、リング、パッキン、ガスケット、燃料ホース、工業用ホース等の広い範囲で耐油性を必要とする用途に使用されている。

3. 粉砕方法

廃棄加硫ゴムのNBRは、これまでは図2に示すカッティングミルにより、粒径が2mm程度に粉砕が可能であった。さらに粒径を小さくするには、NBRをより硬くして粉砕する必要がある。そこで、粉砕時にドライアイス粉末をゴム材料と混ぜ、ゴム材料のガラス転移温度(-22以下)まで温度を下げ、図3に示すロータースピードミルを使用することで、0.2mm以下まで粒径を小

小さくすることに成功した。粒径は小さいほどオリジナルゴムへの充填材として使いやすくなる。



図2 カuttingミル
Cutting mill



図3 ロータースピードミル
Rotor speed mill

4. 物理的性質の測定

0.2mmの粒径の廃棄加硫ゴム粉碎物をオリジナルのNBRに20wt%添加した材料の試験片について、テストチューブ老化試験機により70の温度で、20時間と40時間放置し、引張強さ、伸び、硬さの変化について調査した。結果を図4に示す(N=3の平均値)。

引張強さについて、オリジナル品、再生品ともに、時間とともに見かけ上強くなる傾向にある。

伸びについて、再生品はオリジナル品の80%程度の伸びを有していることがわかる。また、時間とともにいずれも伸びが減少する傾向にある。

硬さについて、試験開始時には再生品の方がオリジナル品と比べて硬いが、試験時間とともにいずれも硬くなることがわかった。

さらに廃棄加硫ゴム粉碎物を2つの水準(0.1mm以下, 0.1mm~0.2mm)に分け、それぞれの粒径とその配合量が各種物性におよぼす影響について検討を行った。その結果を図5に示す。

引張強さは、より細かい粒径の方が強度的には大きな値を示すものの、粉碎ゴムの配合量とともに低下する傾向にある。

伸びについては、より細かい粒径の方が保持率は大きいものの、配合量とともに粒径の大小に依存せず、直線的に低下する傾向にある。

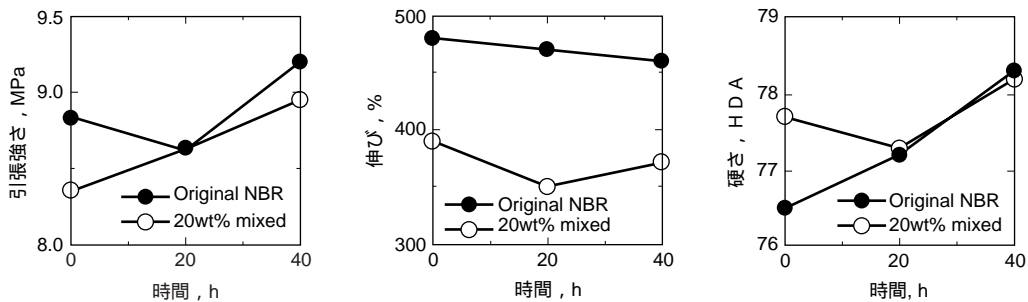


図4 老化時間が引張強さ、伸び、硬さに及ぼす影響

Influence of aging time on tensile strength, elongation and hardness

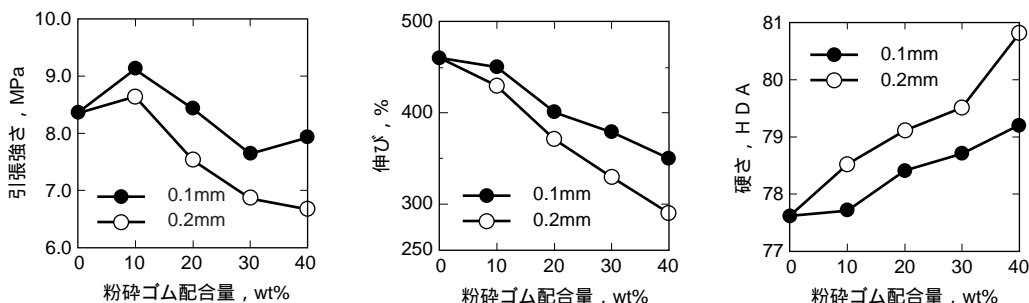


図5 ゴム粉碎径と配合量が引張強さ、伸び、硬さに及ぼす影響

Influence of particle size and compounding ratio on tensile strength, elongation and hardness

硬さについて、粒径が大きなものの方が硬く、配合量の増加にともない硬度が高くなる傾向にある。

粉碎ゴム粒径とその配合比率を変化させたゴムシートを作成し、摩耗試験機(テーパー社製テーパーブレーションテスト)に500gのおもりを用いて試験を行った結果を表1に示す。ゴム硬さもあわせて示した。

表1 粉碎ゴムの粒径および配合量による摩耗量の変化
Variation of wear amount by particle size and content

配合比率, %	粉碎粒径, mm	ゴム硬さ, H D A	累積摩耗量, mg	
			500回転	1 000回転
10	0.1	78	28	67
	0.2	79	27	69
20	0.1	79	27	60
	0.2	79	26	64
30	0.1	79	27	59
	0.2	80	27	50
40	0.1	79	19	46
	0.2	81	26	47

この表から、配合比率が多いほど累積摩耗量が小さい傾向が認められる。これはゴム硬さの影響と推測される。また、累積摩耗量は、500回転では各試料間で顕著な差は認められないが、1 000回転後では配合比率による差が現れることがわかった。

5. おわりに

今回の研究で以下のことがわかった。

- 1) 従来の機械的処理では粒径 2 mmが限界であったが、粉碎工程にドライアイスを混合し冷凍粉碎することで、0.2mm以下の粉碎物を得ることができた。
- 2) 0.2mm以下に粉碎した廃棄加硫ゴムをオリジナルゴムに対して20wt%混合し再加硫を行って得られた試験片の諸物性を測定したところ、オリジナルゴムと比較してもそんな色なく実用に耐え得ることが明らかになった。
- 3) 粉碎物の粒径とその配合量が引張強さおよび伸びにおよぼす影響を検討したところ、粒径がより細かいものの方が引張強さおよび伸びの保持率が良いことがわかった。
- 4) 摩耗試験では粉碎ゴムの配合比率が高いほど累積摩耗量が小さい傾向が認められた。また、500gおもりでは1 000回転後に配合比率による差違が現れることがわかった。

粒径 0.2mm以下、20wt%混合品はオリジナルゴム品とそん色の無い物性であり、ゴム製品に適用可能なことがわかったので、これで製品を試作した(図6)。

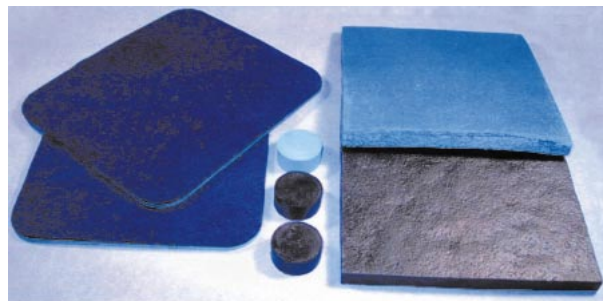


図6 粉碎ゴム配合製品例
Examples of products mixed

今後の課題として、採算性の克服(オリジナルゴムの約10倍のコスト)と適用商品の選定が残されている。また、機械的処理だけでなく化学的な処理方法についても研究を進める予定である。

最後に本研究は、徳島県立工業技術センター材料技術課主任研究員、正木孝二氏の多大なご協力があったことをここに記し、謝意を表します。

参考文献

- 1) 山下晋三, 小松公栄: エラストマー, 共立出版(1989)28.
- 2) 田中康之, 浅井治海: ゴム・エラストマー, 大日本図書(1993)85.

筆者



境真太郎*
S. SAKAI



大林新一*
S. OBAYASHI

* 光洋シーリングテクノ株式会社 技術部